

# 狭叶柴胡大小孢子发生和雌雄配子体发育的研究

豆强红, 蔡霞\*

(西北大学 生命科学学院, 西安 710069)

**摘要:** 用石蜡切片法、半薄切片法对狭叶柴胡的大、小孢子发生和雌、雄配子体发育进行观察研究。结果显示:(1)狭叶柴胡花药壁的发育为双子叶型,腺质绒毡层;小孢子母细胞减数分裂过程中的胞质分裂为同时型,四分孢子为正四面体形;成熟的花粉粒为3-细胞型,具3个萌发孔。(2)倒生型胚珠,单珠被,薄珠心;大孢子母细胞常为一个雌性孢原直接发育而成,大孢子四分体呈线型,多数情况为合点端一个大孢子分化为功能大孢子;由功能大孢子发育为蓇葖成熟胚囊。(3)八核胚囊时期,珠心基部和两侧的一些珠心细胞留存较久,成为珠心座细胞。此外,珠被内表皮细胞发育为珠被绒毡层。

**关键词:** 狭叶柴胡; 大孢子发生; 小孢子发生; 雌配子体; 雄配子体

中图分类号: Q944.5 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2010)01-0045-06

## Megasporogenesis, microsporogenesis and development of male and female gametophytes in *Bupleurum scorzonerifolium*

DOU Qiang-Hong, CAI Xia\*

(College of Life Sciences, Northwest University, Xi'an 710069, China)

**Abstract:** Megasporogenesis, microsporogenesis and development of male and female gametophytes of *Bupleurum scorzonerifolium* were studied using method of paraffin section and semi-thin section. Firstly, the development of the anther wall belongs to a dicotyledonous type. The tapetum was glandular. The cytoplasm of microspore mother cell undergoes simultaneous division and produces tetrahedral tetrad; the mature pollen is 3-cell type and has three colpi. Secondly, the ovary of *B. scorzonerifolium* is anatropous, single integument and thin nucellus. Usually one archesporium functions directly as a megaspore mother cell, in which cytokinesis usually accompanies meiosis, and mostly the chalazal megaspore of a linear tetrad develops into a Polygonum-type embryo sac. Thirdly, during 8-nuclei embryo sac stage, some nucellus on the base and two sides keep their own cytoplasm and shape for a long time and finally become podium. In addition, the inner integument cells developed into endothelium.

**Key words:** *Bupleurum scorzonerifolium*; megasporogenesis; microsporogenesis; male gametophyte; female gametophyte

狭叶柴胡(*Bupleurum scorzonerifolium*)(又名南柴胡、红柴胡),属伞形科(Umbelliferae)柴胡属(*Bupleurum*)植物(单人晔等,1979),分布于我国东

北、西北、华北、华东、河南、陕西及甘肃等地(杜景红等,2003)。《中国药典》(2005年)将其收录为中药柴胡的原植物,药用部位是干燥根,具解表和理,疏

收稿日期: 2009-03-16 修回日期: 2009-05-14

基金项目: 国家自然科学基金(30770122)[Supported by the National Natural Science Foundation of China(30770122)]

作者简介: 豆强红(1983-),男,甘肃静宁县人,硕士研究生,主要从事结构植物学研究。

\* 通讯作者(Author for correspondence, E-mail: caix@nwu.edu.cn)

肝解郁,升提中气等功效,主治感冒、发热、寒热往来、胸胁苦满等症(贾琦等,1989)。其药用历史悠久,为我国传统中药。近年来,在狭叶柴胡的生物学(刘娟等,2005)、化学成分(白焱晶等,1999)、药理学以及种子萌发特性(孟祥才等,2008)等方面已有许多报道,但有关狭叶柴胡胚胎学方面的研究未见报道。为此,本研究以狭叶柴胡不同发育时期的花蕾和花为材料,系统地研究其有性生殖过程中大、小孢子的发生和雌、雄配子体的发育,旨在为狭叶柴胡胚胎发育及开发利用提供生殖生物学方面的资料。

## 1 材料与方 法

实验材料狭叶柴胡(*Bupleurum scorzonerifolium*)为采自陕西省永寿县移栽至西北大学生物园内的植株。根据花的发育过程,从2007年6月10日至2008年6月26日花芽萌发开始,在花期内每隔24h采集不同发育阶段的花蕾和花,经FAA(50%乙醇:冰醋酸:甲醛=90:5:5)固定并保存,直到花期结束。常规石蜡切片,切片厚度6~8 $\mu\text{m}$ ,铁矾-苏木精染色,中性树胶封片。另有部分材料用3mol/L戊二醛固定,经清洗用钨酸后固定,系列酒精脱水,环氧丙烷过度,Epon812环氧树脂包埋,Reiche Jung超薄切片机切片,切片厚度2 $\mu\text{m}$ ,甲苯胺兰染色,Epon812封片,LaicaDMLB普通显微镜观察并照相。

## 2 观察结果

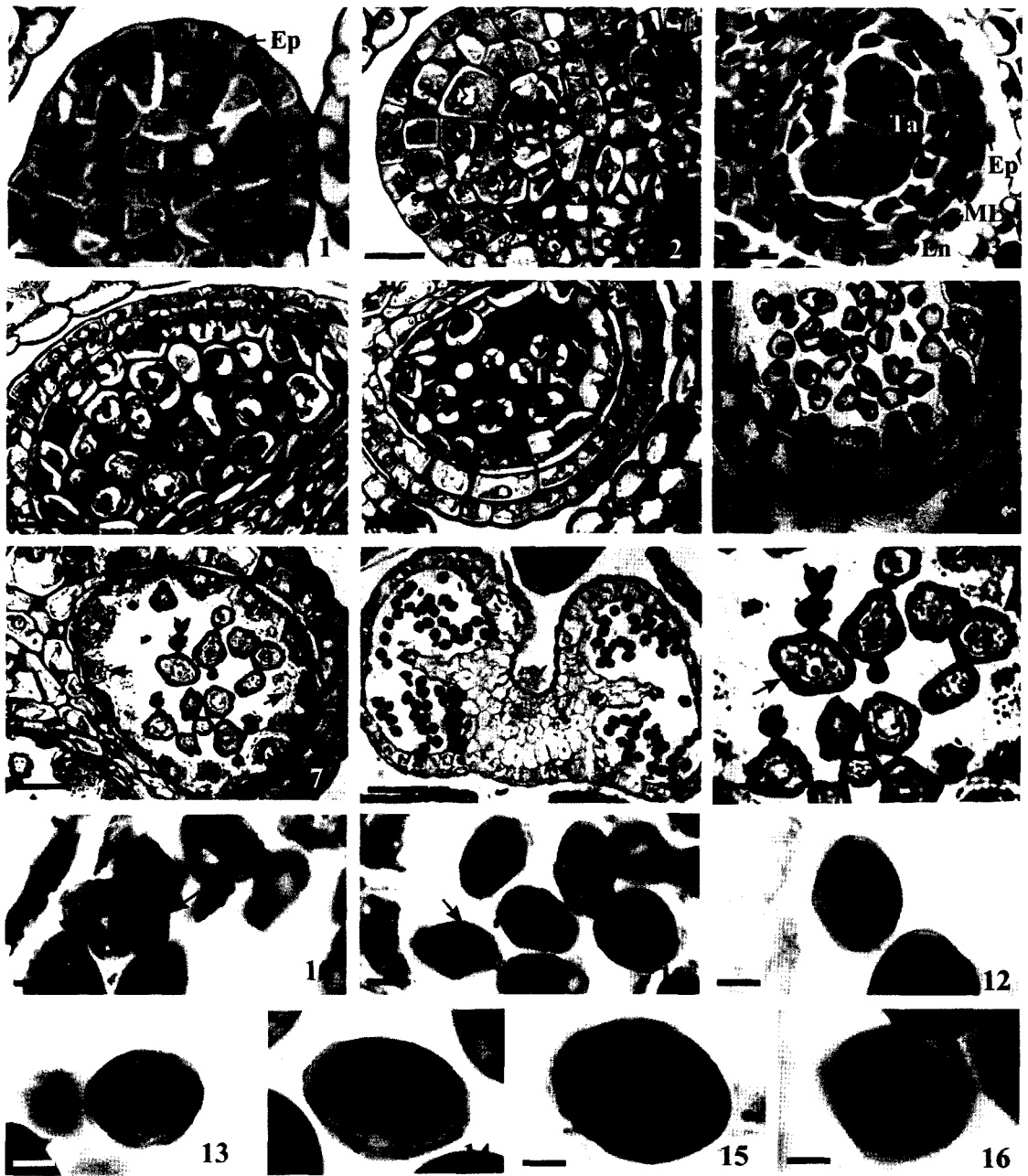
### 2.1 小孢子发生及雄配子体发育

2.1.1 花药壁的发育 狭叶柴胡的花药壁发育类型为双子叶型,刚形成的花药原基结构简单,外面是一层表皮细胞,排列较紧密。表皮细胞在花药发育过程中,只进行垂周分裂增加细胞的数目以适应内部组织的扩增,随着花药的扩大,表皮细胞逐渐扩展呈扁长形,行使其保护功能。在成熟花粉时期,表皮细胞最后彼此分离或消失。表皮以内是一群分裂活跃的分生细胞,后来由于花药角隅处的细胞分裂较快,形成裂瓣,每个裂瓣的两侧表皮下分别分化出孢原细胞(图版I:1),该细胞比其它细胞大,径向延长并有显著的细胞核。随后两侧的孢原细胞各自进行平周分裂,分别形成初生壁细胞和初生造孢细胞(图版I:2)。初生壁细胞再进行一次平周分裂和多次垂

周分裂,形成2层壁细胞。这2层壁细胞中,靠近表皮的一层细胞随后再进行一次平周分裂,形成3层细胞(图版I:3)。这3层细胞继续生长,并出现分化,最后最外方的即表皮下方的一层细胞分化为药室内壁,当花药发育至成熟期时,花药内壁的发育达到最高程度,此时细胞径向延长,细胞壁加厚;第2层细胞分化为中层,中层细胞只有一层细胞,在小孢子母细胞开始进行减数分裂时,中层细胞被挤压为扁平,然后逐渐趋于解体;第3层的细胞最后分化为绒毡层(图版I:4)。绒毡层细胞较大,细胞质浓厚,液泡小而少。在小孢子母细胞时期,其细胞体积增大,细胞质浓厚(图版I:4),小孢子四分体时期,绒毡层细胞是单核(图版I:5),随后进行一次核分裂,在四分体分离后成为双核细胞(图版I:6)。单核小孢子时期可见绒毡层细胞的原生质体逐渐解体,内切向壁上出现很多小颗粒(图版I:7)。成熟花粉时期,可看到一些绒毡层细胞解体后的残留物贴于药壁,然后逐渐消失。绒毡层细胞大小、形态均匀一致,表明来源相同,位置基本固定,属于腺质型绒毡层。花药成熟后,同一裂瓣的2个小孢子囊相通,并于相通处开裂(图版I:8)。开裂后的花药壁只剩下纤维状加厚的药室内壁和残留的表皮细胞。

2.1.2 小孢子发生 初生造孢细胞经多次分裂形成次生造孢细胞,次生造孢细胞进一步发育成小孢子母细胞。小孢子母细胞的形态与花药壁细胞显著不同,细胞体积大,细胞核大,细胞质浓厚,无明显液泡,染色质与核仁形成染色较深的圆球体(图版I:4)。小孢子母细胞减数分裂形成四分体,其胞质分裂为同时型(图版I:5)。四分体时期小孢子没有明显的液泡,四分体为共同的胼胝质包围,4个小孢子之间也有明显的胼胝质壁所分开,狭叶柴胡的四分体几乎均为四面体型(图版I:5)。

2.1.3 雄配子体发育 随着胼胝质壁的溶解,4个小孢子彼此分开成为单核小孢子(图版I:9)。小孢子进一步发育,体积增大,细胞质液泡化并形成中央大液泡,将小孢子核推移至花粉壁一侧,成为单核靠边期花粉(图版I:10)。小孢子核在贴近花粉壁的位置进行不均等的有丝分裂,分裂结果形成两个子核(图版I:11),接着发生不等的胞质分裂,形成大小不等的两个细胞,大的为营养细胞,占据花粉的绝大部分体积,细胞核为圆球形;小的为生殖细胞,呈凸透镜状,紧贴花粉壁,只有少量细胞质而无液泡,细胞核椭圆形(图版I:12)。生殖细胞与营养细胞



图版 I 1. 孢原细胞,  $\text{bar}=7.0\ \mu\text{m}$ ; 2. 孢原细胞平周分裂产生周缘细胞(短箭头)和初生造孢细胞(长箭头),  $\text{bar}=5.7\ \mu\text{m}$ ; 3. 示四层药壁细胞,  $\text{bar}=6.4\ \mu\text{m}$ ; 4. 示小孢子母细胞, 成熟绒毡层细胞质浓厚,  $\text{bar}=6.9\ \mu\text{m}$ ; 5. 示小孢子四分体, 绒毡层细胞具有单个细胞核(短箭头),  $\text{bar}=6.9\ \mu\text{m}$ ; 6. 示小孢子四分体分离, 绒毡层细胞具有双核(短箭头),  $\text{bar}=7.0\ \mu\text{m}$ ; 7. 绒毡层内切向壁上的颗粒状分泌物,  $\text{bar}=7.0\ \mu\text{m}$ ; 8. 成熟花粉囊,  $\text{bar}=42.7\ \mu\text{m}$ ; 9. 单核小孢子, 核位于细胞中央, 无明显液泡,  $\text{bar}=3.7\ \mu\text{m}$ ; 10. 单核小孢子靠边期,  $\text{bar}=2.5\ \mu\text{m}$ ; 11. 小孢子二核时期, 示营养核和生殖核,  $\text{bar}=2.9\ \mu\text{m}$ ; 12. 二细胞花粉期, 示生殖细胞游离于营养细胞细胞质中,  $\text{bar}=2.2\ \mu\text{m}$ ; 14. 示营养细胞和两个精子, 示精细胞刚刚形成时为圆球形,  $\text{bar}=1.6\ \mu\text{m}$ ; 15. 2个精细胞位于营养核两侧, 变为椭圆形,  $\text{bar}=1.6\ \mu\text{m}$ ; 16. 3-细胞型成熟花粉粒, 2个精细胞呈“八”字排列,  $\text{bar}=1.7\ \mu\text{m}$ 。

Plate I - 1. Archesporial cell,  $\text{bar}=7.0\ \mu\text{m}$ ; 2. Archesporial cells dividing periclinally to form primary sporogenous cells (arrow head) and primary parietal cells (arrow),  $\text{bar}=5.7\ \mu\text{m}$ ; 3. Fully developed anther wall consisting of four layers of cells,  $\text{bar}=6.4\ \mu\text{m}$ ; 4. Showing the microspore mother cells and the mature tapetum,  $\text{bar}=6.9\ \mu\text{m}$ ; 5. Showing tetrad and tapetum who has one nucleus (arrow head),  $\text{bar}=6.9\ \mu\text{m}$ ; 6. Microspore and tapetum having two nucleus (arrow head),  $\text{bar}=7.0\ \mu\text{m}$ ; 7. Showing small particles around the inner cell wall of the tapetum cells,  $\text{bar}=7.0\ \mu\text{m}$ ; 8. Mature microsporangium,  $\text{bar}=42.7\ \mu\text{m}$ ; 9. Early stage of the microspore, the nuclear lying in the centre of cell and having no big vacuole,  $\text{bar}=3.7\ \mu\text{m}$ ; 10. Monokaryotic side stage of microspore,  $\text{bar}=2.5\ \mu\text{m}$ ; 11. Dinuclear pollen granule,  $\text{bar}=2.9\ \mu\text{m}$ ; 12. Two-celled pollen at early developmental stage,  $\text{bar}=2.2\ \mu\text{m}$ ; 13. The two-celled pollen, showing the generative cell moving into the cytoplasm of vegetative cells,  $\text{bar}=2.2\ \mu\text{m}$ ; 14. Vegetative cell and sperms. Showing sperms are spherical at early stage,  $\text{bar}=1.6\ \mu\text{m}$ ; 15. Two sperm on either side of vegetative nucleus, showing elliptical forms,  $\text{bar}=1.6\ \mu\text{m}$ ; 16. Three-celled mature gametophyte,  $\text{bar}=1.7\ \mu\text{m}$ .

之间存在着明显的界限,整个分裂过程中,由于营养物质的逐渐积累,中央液泡被分割成许多大、小不等的液泡。接着生殖细胞开始从原来的细胞壁脱离,最后生殖细胞完全游离在营养细胞的细胞质中(图版 I:13)。此后,生殖细胞进行一次有丝分裂,形成 2 个精细胞,精细胞刚刚形成时为圆球形(图版 I:14),随着发育逐渐变成椭球形(图版 I:15)。当花粉粒发育成熟时,两枚精子为柳叶形或眉形,呈“八”字形位于营养核的两侧(图版 I:16)。因此,狭叶柴胡的成熟花粉粒为 3-细胞型。

## 2.2 大孢子发生和雌配子体的发育

### 2.2.1 大孢子发生

狭叶柴胡子房二室,每室具有 1 个胚珠,胚珠为倒生型(图版 II:1),单珠被,薄珠心。大孢子的发生始于珠心表皮下的一个孢原细胞,这个细胞体积较大、细胞质浓厚、细胞核较大,明显区别于其它珠心细胞,孢原细胞不经分裂,直接增大成为大孢子母细胞(图版 II:2)。少数情况下珠心表皮下同时出现两个孢原细胞(图版 II:3)。大孢子母细胞纵向体积增大,细胞核位于珠孔端。大孢子母细胞经减数分裂形成二分体(图版 II:4),二分体再进行一次分裂形成线型排列的四分体(图版 II:5)。此时,胚囊周围的珠被内表皮细胞开始径向伸长,细胞质浓厚(图版 II:5)。四分体形成后胚囊珠孔端 3 个大孢子依次退化,合点端大孢子发育成为功能大孢子(图版 II:6),少数情况下,合点端倒数第二个大孢子发育为功能大孢子(图 II:7)。

### 2.2.2 雌配子体的发育

在无功能大孢子解体的同时,功能大孢子体积纵向逐渐变大,细胞质内出现液泡,细胞核移至胚囊中央,继而发育成为单核胚囊,此时胚囊周围的珠被内表皮细胞也继续径向延伸,变得扁平,并且排列比较整齐(图版 II:6)。单核胚囊经过一次有丝分裂形成二核胚囊(图版 II:8),二核胚囊的两核分别位于胚囊的珠孔端与合点端,再经有丝分裂形成四核胚囊,四核胚囊的中央被大液泡所占据,珠孔端与合点端的两个姐妹核相互靠近(图版 II:9)。4 个核再经最后一次有丝分裂形成 8 个核,其中珠孔与合点端各有 4 核,随后两端各有 1 核移向胚囊中部组成 2 个极核(图版 II:10)。此时,珠被内表皮细胞发育为珠被绒毡层,珠被绒毡层直接包围胚囊。由上可见,狭叶柴胡胚囊发育属于典型的蓼型胚囊。八核胚囊形成后不久,便开始细胞化,形成七细胞八核胚囊。2 个助细胞刚分化时呈楔形,位于珠孔端,与卵细胞呈“品”字型排列(图版

II:11),之后其细胞质表现出强烈的极性分布,细胞核偏向珠孔端,而合点端有一个大液泡占据(图版 II:12)。卵细胞位于胚囊的珠孔端,刚分化的卵细胞,核比较大,细胞质浓厚,无液泡(图版 II:11)。随后,卵细胞逐渐液泡化,成熟的卵细胞接近洋梨形,核位于合点端,呈现明显的极性。中央细胞是胚囊最大的细胞,在珠孔端包围着卵器的大部分,及向合点端延伸至反足细胞。中央细胞高度液泡化,大多数中央细胞内为次生核(图版 II:13),细胞核大,其内有一核仁,受精前次生核或极核的周围为浓厚的细胞质所包围,并位于卵细胞下方在最短距离上为接受精子提供最佳位置。合点端反足细胞的细胞质浓厚(图版 II:14),在胚囊发育早期为 3 细胞,之后反足细胞伸长为棱形并向珠心组织基部侵入。

### 2.2.3 珠心座的形成

狭叶柴胡为薄珠心胚珠,当功能大孢子的核有丝分裂完成时,两侧靠珠孔端的珠心细胞和顶端的珠心表皮开始解体,到八核胚囊时期,顶端的珠心细胞已经全部消失,而使胚囊直接比邻珠被绒毡层,但珠心基部和两侧的一些珠心细胞保持自己的细胞质和形状,留存较久,而成为珠心座细胞。

## 3 讨论

狭叶柴胡的胚胎学主要特征表现为:花药壁发育类型为基本型,腺质绒毡层;小孢子母细胞减数分裂的胞质分裂为同时型,四分体正四面体型,成熟花粉为 3-细胞型。薄珠心,倒生胚珠。孢原体积较大,直接发育为大孢子母细胞,大孢子母细胞进行减数分裂形成线形的大孢子四分体,蓼型胚囊。这与陈莹等(2007)对北柴胡(*Bupleurum chinense*)的胚胎学研究结果基本一致,也与 Davis(1966)在《被子植物系统胚胎学》一书中系统总结的伞形科植物的胚胎学特征基本一致。

Davis(1966)指出伞形科植物普遍具有多细胞孢原的现象。陈莹等(2007)研究发现在北柴胡中可偶尔观察到双线四分体,说明其具有多细胞孢原现象,但最终只形成 1 个胚囊。本研究在狭叶柴胡大孢子发生过程中发现,大多情况下也仅有一个孢原细胞位于珠心表皮下面,并直接发育为大孢子母细胞,少数情况发现同一珠心表皮下出现两个孢原细胞(图版 II:3),但在狭叶柴胡大孢子发生过程中没有发现双线四分体的情况,推测在大孢子母细胞减



图版 II 1. 倒生胚珠, bar=26.8  $\mu\text{m}$ ; 2. 大孢子母细胞, bar=9.3  $\mu\text{m}$ ; 3. 示两个孢原细胞, bar=9.2  $\mu\text{m}$ ; 4. 大孢子母细胞分裂形成二分体, bar=17.5  $\mu\text{m}$ ; 5. 线型四分体, bar=10.5  $\mu\text{m}$ ; 6. 珠孔端的 3 个大孢子退化, 示合点端的功能大孢子, bar=15.4  $\mu\text{m}$ ; 7. 线型四分体中合点端第二个大孢子开始伸长变大, 发育为功能大孢子, 合点端的大孢子退化, bar=14.0  $\mu\text{m}$ ; 8. 二核胚囊时期, bar=17.8  $\mu\text{m}$ ; 9. 四核胚囊时期, bar=25.3  $\mu\text{m}$ ; 10. 示两个极核, bar=22.8  $\mu\text{m}$ ; 11. 示卵器, bar=8.5  $\mu\text{m}$ ; 12. 示两个助细胞, bar=8.6  $\mu\text{m}$ ; 13. 示次生核, bar=19.9  $\mu\text{m}$ ; 14. 示反足细胞和珠心座, bar=11.6  $\mu\text{m}$ . Ep. 表皮; Ac. 孢原细胞; Ps. 初生造孢细胞; En. 药室内壁; ML. 中层; Ta. 绒毡层; MMC. 小孢子母细胞; Tr. 四分体; Me. 大孢子母细胞; Dy. 二分体; PN. 极核; Sy. 助细胞; E. 卵细胞; Sn. 次生核; A. 反足细胞。

Plate II 1. Anatropous ovule, bar=26.8  $\mu\text{m}$ ; 2. Megaspore mother cell, bar=9.3  $\mu\text{m}$ ; 3. Two archesporiums of female gametophyte, bar=9.2  $\mu\text{m}$ ; 4. Meiosis of the megaspore mother cell, showing the dyad, bar=17.5  $\mu\text{m}$ ; 5. Linear tetrad, bar=10.5  $\mu\text{m}$ ; 6. Showing the degeneration of three megaspores of the tetrad at micropylar, the functional megaspore is in chalaza, bar=15.4  $\mu\text{m}$ ; 7. The second megaspore on the chalazal end become functional and enlarged; the first megaspore on the chalazal end is dissolved, bar=14.0  $\mu\text{m}$ ; 8. Two-nucleate embryo sac, bar=17.8  $\mu\text{m}$ ; 9. Four-nucleate embryo sac, bar=25.3  $\mu\text{m}$ ; 10. Two polar nucleus, bar=22.8  $\mu\text{m}$ ; 11. Showing the egg cell and two synergids, bar=8.5  $\mu\text{m}$ ; 12. Two synergids, bar=8.6  $\mu\text{m}$ ; 13. Secondary nucleus, bar=19.9  $\mu\text{m}$ ; 14. Showing antipodal cell and podium, bar=11.6  $\mu\text{m}$ . Ep. Epidermis; Ac. Archesporical cell; Ps. Primary sporogenous cell; En. Endothecium; ML. Middle layer; Ta. Tapetum; MMC. Microspore mother cell; Tr. Tetrad; Me. Megaspore mother cell; Dy. The dyad; PN. Polar nucleus; Sy. Synergid; E. Egg cell; Sn. Secondary nucleus; A. Antipodal cell.

数分裂前就有一个孢原细胞退化。此外,本研究发现狭叶柴胡中,大多数大孢子四分体中由合点端大孢子发育为功能大孢子,珠孔端的3个大孢子逐渐退化。少数情况下,大孢子四分体形成以后,合点端第二个大孢子开始伸长变大,逐渐发育为功能大孢子,而合点端的大孢子的存留时间较长,直至单核胚囊分裂形成二核胚囊的过程中方才逐渐退化消失。

根据 Davis(1966)对被子植物花药壁发育类型的划分,狭叶柴胡花药壁的发育属于双子叶型,我们发现狭叶柴胡花药壁的中层只由一层细胞组成。狭叶柴胡的绒毡层为腺质绒毡层,单核小孢子在进行核分裂时绒毡层细胞的原生质体逐渐解体,内切向壁上出现很多小颗粒。陈莹等(2007)也观察到绒毡层细胞在发育后期向内切向壁分泌出许多黄色球体,并推测其为脂类物质,并参与花粉壁的形成。王庆亚等(2002)在绞股蓝(*Gynostemma pentaphyllum*)大小孢子发生和雌雄配子体发育的研究中认为该物质为乌氏体。因此,关于狭叶柴胡花药壁发育过程中绒毡层内切向壁上的颗粒状物质的性质和功能还有待于进一步的研究。

#### 参考文献:

- 单人晔,余孟兰. 1979. 柴胡属[M]//中国植物志. 北京:科学出版社:215-293
- 中华人民共和国卫生部药典编辑委员会. 2005. 中华人民共和国药典[M]. 北京:人民卫生出版社:198
- Bai YJ(白焱晶), Zhao YY(赵玉英), Tan L(谭利), et al. 1999. Studies on the chemical constituents of the roots from *Bupleurum scorzonerifolium*(南柴胡化学成分的研究)[J]. *J Chin Pharm Sci*(中国药学), 8(2):105-107
- Chen Y(陈莹), Cai X(蔡霞), Hu ZH(胡正海), et al. 2007. Me-gasporogenesis, microsporogenesis and development of male and female gametophytes in *Bupleurum chinense*(北柴胡大小孢子发生和雌雄配子体发育的研究)[J]. *Acta Bot Boreal-Occident Sin*(西北植物学报), 27(6):1134-1140
- Davis GL. 1966. Systematic Embryology of the angiosperm[M]. Wiley:New York, London, Sydney:267-268
- Du JH(杜景红), Zuo TB(左廷兵), Li FL(李凤兰), et al. 2003. Progression of studies of *Bupleurum*(柴胡属植物研究进展)[J]. *J Northeast Agric Univ*(东北农业大学学报), 34(3):352-359
- Jia Q(贾琦), Zhang RY(张如意). 1989. Chemistry of saponins of *Bupleurum*(柴胡属植物中皂苷化学研究进展)[J]. *Acta Pharm Sin*(药学报), 24(12):961-971
- Liu J(刘娟), Chen YF(陈宇峰). 2005. Microscopic identification of wild *Bupleurum scorzonerifolium* in Heilongjiang Province, Jiamusi region(黑龙江省佳木斯地区野生狭叶柴胡显微鉴别)[J]. *Heilongjiang Med Pharm*(黑龙江医药科学), 28(3):26-27
- Meng XC(孟祥才), Sun H(孙晖), Yan BP(颜丙鹏), et al. 2008. Study on germination characteristics of the *Bupleurum scorzonerifolium*(狭叶柴胡种子发芽特性研究)[J]. *Seed*(种子), 27(2):36-56
- Wang QY(王庆亚), Li YH(李扬汉). 2002. Mega-and microsporogenesis and the development of male and female gametophyte of *Gynostemma pentaphyllum*(绞股蓝大小孢子发生和雌雄配子体的发育)[J]. *Nanjing Agric Univ*(南京农业大学学报), 25(3):17-21
- China, Shandong: Mt. Laoshan(崂山) Yangkou(仰口) alt. 300-400 m, grassy slope, 2001-04-24, Ren Qiang et al. (任强等) 3134 (holotype, SDNU); Mt. Laoshan(崂山) Shangqinggong(上清宫) alt. 200-300 m, grassy slope, 2000-05-07, Ren Qiang et al. (任强等) 473 (SDNU), same locality, 2000-05-17, Ren Qiang et al. (任强等) 491 (SDNU), Mt. Laoshan(崂山) Bashuihe(八水河), 2000-05-19, Ren Qiang et al. (任强等) 562 (SDNU), same locality, 2000-05-19, Ren Qiang et al. (任强等) 565 (SDNU), same locality, 2000-05-19, Ren Qiang et al. (任强等) 581 (SDNU).
- 与原变种的区别在于第1颖卵状披针形,长1.5-2 mm,具2-3脉。

(上接第28页 Continue from page 28)